



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

# Färgnedärvning hos får och färgernas inverkan på hälsa och produktionsegenskaper

*Josefine Amnesten*





Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjursgenetik

## **Färgnedärvning hos får och färgernas inverkan på hälsa och produktionsegenskaper**

Colour inheritance in sheep and how the colours affect health and production

*Josefine Amnesten*

**Handledare:**

Anna Näsholm, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

**Examinator:**

Sofia Mikko, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

**Omfattning:** 15 hp

**Kurstitel:** Kandidatarbete i husdjursvetenskap

**Kurskod:** EX0553

**Program:** Agronomprogrammet - Husdjur

**Nivå:** Grund C (G2E)

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2010

**Omslagsbild:** Niklas Lindberg

**Serienamn, delnr:** Examensarbete 318

Institutionen för husdjursgenetik, SLU

**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>

## Sammanfattning

Annorlunda färger på djur har fascinerat människan i alla tider. På många husdjursslag har färgen ingen direkt betydelse för produkten utan har ett mer estetiskt syfte. Detta gör fåren till ett unikt husdjur då vit färg länge har varit av ekonomisk betydelse och hos ullproducenter världen över ser man ofta bara vita fårflockar. Trots detta dyker då och då färgade lamm upp och ger en ekonomisk förlust då färgad ull inte betalas lika bra. Vit färg har dock visat sig ge störningar i form av fertilitetsproblem och detta har gjort att många ullproducenter istället inriktat sig på färgade får med naturfärgad ull. Hos det svenska gotlandsfåret, som används för produktion av pälsskinn, är jämn grå färg av stor vikt. Kornighet, sk. 'peppar och salt', är ett problem. Trots låg arvbarhet har man funnit att det skulle kunna gå att avla för jämnare färg på gotlandsfår, även om större avkomme grupper efter baggarna behövs för att kunna minska frekvensen av 'peppar och salt'. I litteraturen diskuteras även möjligheten att man på vita får kan avla för bättre fruktsamhet.

Det finns två typer av färgpigment, eumelanin (svart & brunt) och feomelanin (gult och rött). Melanin produceras i färgceller, melanocyter, som tillverkas i neurallisten och vandrar ut i huden under fosterstadiet. Typ av melanin och dess produktion på olika delar styrs av olika loci. I A-locus, som är det ekonomiskt viktigaste locuset, finns alleler som styr produktion och utbredning av eumelanin. I B-locus bestäms typ av eumelanin, svart eller brunt. Totalt känner man idag till elva loci som påverkar fårens färger, sju av dem presenteras här.

Att känna till hur fårens färger nedärvs och vilka andra egenskaper som kan vara kopplade till vissa färger är viktigt både för professionella lammproducenter och för hobbyuppfödare. Både för att undvika och för att selektera för avvikande färger. Det finns ännu inte så mycket kartläggning av de gener som styr fårens färger och mer forskning behövs.

## Summary

Different colours in animals have always fascinated people. In many species the colour has no value to the product but a more esthetic meaning. This makes sheep a unique domestic animal because of the economical importance of white wool. In sheep farms all around the world there is nearly only white sheep flocks. Coloured lambs are sometimes born in these flocks and give an economic loss because of the low price of their wool. White colour in sheep has shown to give fertility disorders and because of this many wool producers have concentrated on breeding for coloured sheep breeds with naturally coloured wool. In the Swedish Gotland sheep, which is used for pelt production, a smooth gray colour is of great importance. Graininess, called 'pepper and salt', is a problem. The phenomenon has a low heritability but it seems like there is a possibility to breed for a smoother colour in the Gotland breed. But larger groups of offspring are needed to reduce the frequency of 'pepper and salt'. Possibility to breed for better fertility in white sheep has also been discussed in the literature.

There are two variants of melanine; eumelanine (black & brown) and feomelanine (red & yellow). Melanine is produced in melanocytes and are elaborated in the neural tube and wanders out to the skin during fetal development. Type of melanin and its production in different parts of the body are determined by several loci. In the A-locus, which economically is the most important locus, there are alleles that determine the production and distribution of eumelanine. In the B-locus the type of eumelanin is determined. Today eleven loci that affect the colour of sheep are known. Seven of those are presented in this article.

Both for professional lamb producers and for hobby breeders it is important to have knowledge about inheritance of the colours in sheep and how the colours are related to other traits. The knowledge is needed both to avoid unwanted colours and be able to select for irregular colours. Today not many genes that control the colours in sheep are mapped and more research is needed in this field.

## Introduktion

Tamfåret (*Ovis aries*) hör till ett av de först domesticerade husdjuren, redan för 11 000 år sedan började fåret tas under människans beskydd i sydvästra Asien (Ryder, 1983). Fåret hade då ingen ull, utan en päls mer lik getens, och användes för kött och skinn. Då och då föddes dock lamm med längre och mer ullig päls, något som människan tog tillvara på och idag är ullen den produkt som fåret främst förknippas med. Liksom för de flesta domesticerade djurslag har sedan olika mutationer som påverkat ullens färg tagits tillvara, färgförändringar som antagligen inte hade gett fåret någon ökad överlevnadsförmåga i det vilda utan snarare missgynnat den. Därför ser man idag en stor färgvariation på de flesta domesticerade djurarterna medan färgen hos de vilda släktingarna är likartade (Klungland & Våge, 2003). Mufflonfåret (figur 1) till exempel, har alltid samma färgmönster med vita partier på ben, buk, sadel och ansikte, rödbruna viltfärgade stickelhår på kroppen och ett svart band längs med kroppen från ansikte och ner på benen. För det vilda fåret är färgen viktig för kommunikation med andra får och kamouflage mot rovdjur, medan den hos det domesticerade fåret är viktig för produktionen och producentens ekonomi (Klungland & Våge, 2003).



Figur 1. Ett mufflonfår med fårens ursprungliga färg och päls. Foto: Gothika, Wikimedia commons, 2010.

Fårens färg har ekonomisk betydelse. Vit färg är speciellt populärt på ullproducerande raser eftersom vit ull lätt kan färgas och vitt är därför den vanligaste färgen på moderna raser (Maijala, 1997). Lamm med avvikande färg innebär en ekonomisk förlust för producenten och slås därför ut (Våge et al., 2003). Inom hantverkssektorn är däremot naturligt färgad ull populär och industriernas efterfrågan på naturfärgad ull har ökat (Renieri et al., 2008). Färgen

är hos vissa raser en del av deras identitet. På gotlandsfåret vill man ha en jämn grå färg som inte ser kornig ut. Här är färgfenomenet ”peppar och salt” med vita slingor i det grå skinnet ett problem som ökat den senaste tiden (Näsholm, 2009). Varje år slaktas i Sverige närmare en kvarts miljon gotlandsfår för produktion av pälsskinn (Faostat, 2010). I raser där man inte avlar mot en speciell pälsfärg, som hos många lantraser, kan man ofta se stora färgvariationer (Hernquist, 2003).

I och med den ekonomiska betydelsen så ligger det i många fårproducenters intresse att veta hur fårens färger nedärvs, hur man kan undvika oönskade färger och om de går att avla bort. Men även för hobbyuppfödaren som vill ha djur med avvikande och ovanliga färger är denna kunskap av värde. En del färger kan vara kopplade till egenskaper som på olika sätt försämrar djurets prestanda, något som förstås också är viktigt att känna till.

Idag känner man till elva loci som påverkar fårens färg. Färgvarianterna är mer eller mindre vanliga hos olika raser. I det här arbetet beskrivs några av de bäst kända färggenerna och hur de påverkar färgsättning, produktionsegenskaper och hälsa hos fåren. Syftet med arbetet är att öka kunskapen i hur fårens färger nedärvs och vilka andra egenskaper som är kopplade till färgerna.

## **Genetik**

All genetisk information finns samlad i DNA-molekylen (deoxyribonucleic acid). Det är ordningen av nukleotiderna (adenin, guanin, cytosin och tymin), som kodar för individens olika gener, genotypen. Genernas funktion är att koda för produktionen av proteiner. DNA-kedjan är samlad i ett visst antal kromosomer som varierar mellan olika arter. Fåret har 54 kromosomer samlade i 27 par. När nya könsceller bildas genom meios kommer bara den ena delen av paret att följa med till varje ny cell. När könscellen vid befruktningen sammansmälter med en könscell från det andra könet kommer en helt ny, och unik, kombination av alleler bildas i den nya individen. (Simm, 2000a&b). Det är en varierande stor dominans mellan allelerna i ett locus. Eftersom kromosomerna är samlade i par så finns alltid två alleler i varje locus. Är de två allelerna olika så kommer den mest dominanta att komma till uttryck. Den vikande, recessiva, allelen är då dold men kan nedärvas vidare. Det finns även intermediär nedärvning som innebär att heterozygoter med två olika alleler får ett uttryck som fenotypisk är en blandning mellan de två allelerna (Falconer, 1990).

Mutationer sker då transkriptionen någonstans på DNA-molekylen blir fel. De flesta mutationer har mycket liten eller ingen effekt. I en vild population kan en positiv genetisk förändring innebära bättre överlevnadsförmåga medan det i en domesticerad population kan vara en ny färgvariant (Simm, 2000b). Genom mutationer har arter förändrats genom alla tider. De individer som är genetiskt bäst lämpade för miljön de lever i är de som kommer att få föröka sig och sprida sina gener vidare. Människan har sedan hon började hålla djur i fångenskap varit den som bestämt vilka husdjur som fått föröka sig. När vi, genom bland annat Gregor Mendel, på 1800-talet fick större kunskap i hur egenskaper nedärvs började mer intensiva avelsarbeten för att skapa husdjur som har de egenskaper vi önskar, såsom färg.

Tabell 1. Sammanfattande ordlista över några genetiska begrepp (Simm, 2000b&c)

Begrepp	Beskrivning
Locus	Plats på kromosomen.
Allel	Variant av ett anlag på en kromosom.
Homozygot	När individen har två kopior av en allel i ett locus.
Heterozygot	När individen har två olika alleler som tillhör samma locus.
Genotyp	Den unika kombinationen av alleler som en individ bär på ger dess genotyp.
Fenotyp	De egenskaper vi kan se eller mäta på individen ger dess fenotyp. Genotyp och miljöpåverkan ger fenotypen.

## Pigmentbildning

Pigmentet som ger ull- och pälsfärg produceras i organeller kallade melanosomer och som finns i speciella färgceller, melanocyter. Melanoblastar är ett förstadium till melanocyter. De bildas i neurallisten redan under fosterstadiet och vandrar ut till skinnet på hela eller delar av kroppen där de utvecklas till färdiga melanocyter. Melanocyterna delar och förnyar sig därefter inte utan samma celler producerar melanin nästan under en individs hela livstid. Melaninet som produceras i melanocyterna i skinnet följer med strået ut när det växer (Hernquist, 2003). Hormonet  $\alpha$ -MSH, som produceras i hypofysen, signalerar till melanocyterna att börja producera färgämnen. Detta gör de genom att fästa till en MC1-receptor på cellernas yta (Sjaastad et al., 2003). Enzymet tyrosinas katalyserar produktionen av färgämnet melanin från tyrosin och cystein. Färgämnen, melanin, består av långa polymerer med olika mängd tyrosin och cystein. Eumelanin som ger svart och brunt pigment består huvudsakligen av tyrosin medan feomelanin som ger rött och gult pigment huvudsakligen består av cystein (Sponenberg, 1997). Om MC1-receptorn är aktiverad så produceras eumelanin och om aktiviteten är låg produceras istället feomelanin (Cockett et al., 2001).

Anledningen till att pälsfärg kan uppträda i så många fler varianter än de olika färgpigmenten ger upphov till är att olika mutationer som förändrat färgens uttryck och utbredning har skett genom historien. Det är väldigt vanligt att ryggradsdjurens färg styrs av många gener som tillsammans ger upphov till färgfenotypen. År 2008 hade hos t.ex. musen 120 färggener hittats (Loehr et al., 2008). Utöver färganlagen påverkas fårens fenotypiska färg även av pälsstruktur. Täckhår kommer ur primära folliklar och är grövre. Dessa färgas bättre av feomelanin än ull som kommer ur sekundära folliklar. (Adalsteinsson, 1970; Aliev & Rachkovsky, 1987). Hernquist (2003) skriver att ”feomelanin gör att fårraser med hårfibrer blir gyllengula eller djupröda medan andra raser med ull, blir mer vita”. Eftersom fårraser som saknar ull idag sällan används så är får som är färgade gula eller röda av feomelanin ovanliga (Sponenberg, 1997).

## Fårens färger

Loci och alleler, som styr färg hos får, sammanfattas i tabell 2. Härutöver finns även modifierande gener som påverkar färgfenotypen.

Tabell 2. Sammanfattning av kända loci hos får och vilken färg eller teckning de ger upphov till. Allelerna presenteras i dominansordning. (Kurowska & Danell, 1982; Lauvergne, 1989; Meldrum, 1991; Sponenberg, 1997)

Locus	Gen & position	Funktion	Allel	Färg/teckning
A	<i>ASIP</i> , OAR13*	Eumelaninets utbredning	$A^{wt}$	Vit/rådjursfärg
			$A^{+}$	viltfärg
			$A^{gt}$	Grå mufflon
			$A^{lg}$	Ljusgrå
			$A^b$ & $A^{lb}$	Grävlingfärg & ljus grävlingfärg
			$A^{bl}$ & $A^{lbl}$	Blå & ljusblå
			$A^g$	Grå
			$A^{gg}$	Gotlandsgrå/mörkgrå
			$A^t$	Vitbuk/blank and tan
			$A^a$	Recessiv svart/noon agouti
B	<i>TRP1</i> , okänd kromosom	Typ av eumelanin	$B^{+}$	Svart eumelanin
			$B^b$	Brunt eumelanin
C	<i>TYR</i> , okänd kromosom	Melaninproduktion	$C^{+}$	Färgad
			$C^c$	Ofärgad, albino
D	Okänd gen & kromosom	Utspädning	$D^{+}$	Normala pigmentkorn
			$D^d$	Få och stora pigmentkorn
E	<i>MC1R</i> , OAR14*	Extension	$E^D$	Dominant svart
			$E^{+}$	Ej dominant svart
Rn	Okänd gen & kromosom	Roan	$Rn^{Rn}$	roan
			$Rn^{+}$	normalfärgat
S	<i>EDN3</i> , OAR2*	Melanocyternas utbredning i huden	$S^{+}$	Helfärgad
			$S^s$	Spotting

\*OAR = Ovis Aries Kromosom



## A-locus (Agouti)

Detta locus har störst variation i fårpopulationer och det med störst ekonomisk vikt då det är här allelen för vit färg sitter. Locuset är lokaliserat till kromosom 13 och *ASIP* (Agouti Signalling Protein) är en kandidatgen (Norris & Wham, 2008; Gratten et al., 2010). Det finns flera olika alleler i A-locus. Allelerna hämmar eumelaninets produktion på olika delar av kroppen medan produktionen av feomelanin är normal (Kurowska & Danell, 1982). Agoutiproteinet fäster på melanocyternas receptorer så att signalproteinet  $\alpha$ -MSH inte kan fästa och inget eumelanin kan produceras (Sponenberg, 1997).

Allelen  $A^{wt}$  dominerar över samtliga övriga alleler i A-locus och ger dominant vit färg (figur 2). Inom viss litteratur används istället benämningen  $A^{wh}$  för denna allel. Produktionen av eumelanin har stoppats i alla strån, men viss produktion av feomelanin finns (Hernquist, 2003). Innehåller stråna mer feomelanin, som hos raser utan ull, får fåret en mer rödbrunfärg som kallas rådjursfärg. Den allel som är mest recessiv,  $A^a$ , ger recessiv svart färg då inget agoutiprotein har stört eumelaninproduktionen (figur 3) (Parsons et al., 1999). Svarta får är helt svarta vid födseln men det är vanligt att ullen får en svagt grå eller brun ton som vuxna (Sponenberg, 1997).



Figur 2. Vitt merinofår. Agoutiproteinet har stört  $\alpha$ -MSH-signalen till alla melanocyter och endast feomelanin produceras. Foto: DAD-IS.





Figur 3. Svart åsenfår helt färgat av svart eumelanin. Foto: Josefine Amnesten.

Däremellan finns ett antal alleler som ger olika nyanser av grått och teckningar med symmetriska mönster (tabell 2). Olika nyanser av grått beror på en varierande andel svarta och vita strån där 10-95% av stråna saknar eumelanin (figur 4) (Hernquist, 2003). Grå färg är alltså inte en färg utan egentligen en teckning. Det blir olika variationer i grått beroende på om allelerna förekommer i homo- eller heterozygot form. Får som är homozygota för grå färg, till exempel  $A^g$ , är blekare än de heterozygoter som är bärare av  $A^a$  (Meldrun, 1991; Sponenberg, 1997). På en del grå får kan en rödaktig nyans anas, speciellt i nacken. Det beror på att pälsen där har fler primära folliklar och lättare tar upp feomelanin (Hernquist, 2003). Enligt Adalsteinsson (1978) finns en speciell allel för "gotlandsgrått",  $A^{gg}$ , som är mörkare än vanlig grå.

På de olika teckningarna som t.ex. grävlingfärg ( $A^b$ ) och viltfärg ( $A^+$ ) stoppas eumelaninproduktionen på vissa delar av kroppen så att den ljusa teckningen bildas. Viltfärgen påminner svagt om fårens ursprungliga teckning (figur 1), med vita band i ansiktet, ljus buk och käke och ljusa linjer på benen. Enligt Lundie (1989) finns viltfärg inte hos domesticerade får utan dessa får ska då kallas grå mufflon som enligt Lundie är samma allel. Ibland kallas dessa teckningar för 'vitbuk', även om man i en del litteratur kan se att vitbuk nämns som en egen allel. Grävlingfärg, även kallad 'badgerface', är nästan en exakt motsats till färgen vitbuk där eumelanin- och feomelaninproduktionen bytt plats vilket gör att teckningen i ansiktet liknar en grävling (Sponenberg, 1997). På en del fårraser med hår syns inte teckningen i ansiktet och de kallas då "svartbuk" även om de genetiskt är grävlingfärgade (Hernquist, 2003).



Figur 4. Gotlandsgrått gotlandsfår. Foto: Gotlandsfårsföreningen, 2010.

Eftersom det inte går att se om vita djur är bärare av recessiva alleler i A-locus så dyker det då och då upp färgade lamm i vita flockar. Detta ger ekonomiska förluster för ullproducenterna och utveckling av teknologi för gentester behövs för att kunna bli av med problemet (Våge et al., 2003). Allelerna i A-locus kommer endast till uttryck om den recessiva allelen  $E^+$  i E-locus finns i dubbel uppsättning.

### **B-locus (Brown)**

I detta locus finns en allel som ger brun färg (figur 5). Den bruna färgen upptäcktes först av Scott Dolling hos en merinotacka i Australien 1976 (Bennett, 1989). Vildformen  $B^+$  i detta locus är dominant och ger svart färg medan den muterade allelen  $B^b$  ger brun färg, även känd som 'moorit'. Den recessiva allelen ( $B^b$ ) begränsar aktiviteten av TRP1 (Tyrosinas Relaterade Protein) (Jackson, 1994), vilket innebär att hos en individ som är homozygot för  $B^b$  produceras brunt eumelanin istället för svart. Brunt eumelanin ersätter då det svarta oavsett alleler i andra loci, med undantag av  $C^c$  i C-locus som ger avsaknad av allt melanin. På vita får, som istället är helt färgad av feomelanin, syns ingen skillnad i fenotypen. Även 'dominant svarta' får (se E-locus) blir brunfärgade (Sponenberg, 1997). Färgen kan variera från mörkt chokladbrun till beige (Deer Run Sheep Farm, 2010). Många får som antas vara bruna är dock i själva verket svarta får som blekts av solen. (Meldrun, 1991). Enligt Hernquist (2003) kan får som ser bruna ut också vara rådjursfärgade på grund av en allel i A-locus.



Figur 5. Brun tacka färgad av brunt eumelanin. Foto: Marina Kajgård

### C-locus (Albino)

Detta locus är ansvarigt för kroppens hela melaninproduktion. Förutom vildformen  $C^+$  som ger normal produktion finns en allel  $C^c$  som ger avsaknad av pigment, dvs. albinism. En genetisk förändring i genen *TYR* har gjort att enzymet tyrosinas inte produceras. Enzymet tyrosinas är, som nämnts, nödvändigt för att melanocyterna ska kunna producera melanin (Sponenberg, 1997). Saknas tyrosinas kan därför inget färgpigment bildas och individen är helt vit men rosa skin och blåroda ögon. De röda ögonen beror på att blodet som strömmar genom ögonen lätt syns genom den tunna vävnaden som saknar pigment (Schmuts, 2005). Den recessiva allelen är mycket ovanlig hos får men har dokumenterats på islandsfår (Adalsteinsson, 1977).

### D-locus (Dilution)

I detta locus finns, hos vissa arter, en recessiv allel  $D^d$  som i dubbel uppsättning gör att onormalt stora och färre pigmentkorn bildas. Själva pigmentet är som vanligt men kornen klumpar ihop sig så att keratinet mellan kornen reflekterar mer ljus och pälsen får ett blåaktigt utseende, man brukar säga att färgen blir utspädd. Dilution-allelen, som den kallas, är vanlig på många olika djurslag men har inte upptäckts på får. (Hernquist, 2003).

### E-locus (Extension)

I detta locus, som sitter på kromosom 14 (Sawalha, 2008), finns allelen  $E^D$  som ger upphov till så kallad dominant svart. En förändring i genen *MC1R* bestämmer om hormonet  $\alpha$ -MSH produceras och således vilket melanin som produceras (Parsons et al., 1999; Cockett et al., 2001; Våge et al., 2003). *MC1R* är den mest studerade färggenen på djur (Loehr et al, 2008). Denna allel är epistatisk till A-locus.  $E^D$  inhiberar effekten av A-locus och endast om allelen  $E^+$  finns i dubbel uppsättning i E-locus kan effekterna från alleler i A-locus uttryckas. När den dominanta allelen  $E^D$  uppträder produceras endast eumelanin och fåret blir svart eller brunt oavsett vilka alleler den har i A-locus (Lauvergne, 1989). Då vit eller grå färg ofta är gynnad i kommersiell fårproduktion så har allelen  $E^D$  selekterats bort på raser där svart färg inte



förekommer (Sponenberg, 1997). Detta kan man jämföra med den recessiva allelen  $A^a$  i A-locus som fortfarande finns kvar i genomet hos många moderna raser och är orsaken till oönskade färgade lamm. Man har funnit att svarta får av den norska rasen dala är dominant svarta på grund av allelen  $E^D$  (Våge et al., 2003). Förmodligen finns dominant svart inte på de svenska raserna.

### Rn-locus (Roan)

Den dominanta allelen  $Rn^{Rn}$  i detta locus orsakar insprängda vita hår i pälsen på delar av kroppen. En svart roan får en grå fenotyp (Sponenberg, 1997), därför kallas färgen ibland för 'dominant grå' (Adalsteinsson, 1983). De lamm som har genen i homozygot form får en blekare färg på grund av att de har fler vita strån. Denna allel är även känd för att i homozygot form ge ett missbildat matsmältningssystem. Dessa lamm dör vanligen kort tid efter födseln (Lauvergne, 1989). I viss litteratur kallas detta locus för R-locus.

### S-locus (Spotting)

Spotting, eller fläckighet, beror på att melanocyter saknas på vissa delar av kroppen på grund av att deras vandring ut i kroppen störs under fosterstadiet. Därför produceras inget melanin på de delarna och dessa ytor förblir vita (Sponenberg, 1997). Enligt Parsons et al. (1999) är genen  $EDN3$  på kromosom 2 ansvarig för spotting hos får.

Enligt Meldrun (1991) uppstår spotting om den recessiva allelen  $S^s$  finns i dubbel uppsättning, medan Hernquist (2003) menar att den dominanta allelen  $S^+$  ger helfärgade får med vissa undantag och att även får som är heterozygota för  $S^s$  kan ha vita fläckar. Fläckarna är vanligtvis relativt symmetriska och befinner sig främst på huvud och ben, men vita partier kan även finnas på andra delar av kroppen. Det verkar som att fläckarna uppträder olika på olika raser och man vet inte om det beror på att det finns fler, ännu okända, alleler eller om fläckarna påverkas av modifierande anlag på andra loci. Spotting är korrelerat med vit färg på får då närvaro av allelen  $A^{wt}$  försenar spridningen av melanocyter ut i kroppen. På ljusa får kan fläckigheten vara svår att se på annat än lamm och nyklippta får (Hernquist, 2003). Man kan se att ett vitt får är fläckigt genom att titta på nosen som då är rosa (Sponenberg, 1997).

### Samband mellan färg och andra egenskaper

Flera färggener kan genom pleiotropi eller koppling vara korrelerade med andra egenskaper än färg. Pleiotropi innebär att en ensam gen inverkar på flera egenskaper (Kurowska & Danell, 1982) och koppling innebär att två gener som ligger nära varandra på kromosomen oftare nedärvs tillsammans än de som ligger långt ifrån varandra (Simm, 2000b). Således kan uttrycket av en viss egenskap, till exempel en färg, innebära att individen ofta även har en viss annan egenskap som inte kommer att visa sig förrän senare i livet. Egenskaperna sägs vara mer eller mindre korrelerade med varandra. Ofta kan dessa typer av samband vara missgynnande och en selektion för dessa färger kan innebära en fara för djurets hälsa och prestation (Sawalha et al., 2008). I längden innebär detta en ekonomisk förlust för producenterna. Ibland kan pleiotropiska effekter och kopplade gener tvärtom vara gynnsamt för produktionen och ekonomin och är då något som eftersträvas (Schmutz, 2005).

I en undersökning av Näsholm (2008) studerades genetiska samband mellan pälskvalitet å ena sidan och modersegenskaper, levandevikt och slaktkroppsegenskaper å andra sidan. För analyserna utnyttjades uppgifter från den Svenska Fårkontrollen där sju olika pälssegenskaper, bland annat färgnyans, registrerades. Färgnyansen visades här ha en medelhög arvbarhet på 0,20 medan färgpoängen hade en lägre arvbarhet på 0,16. Det fanns endast svaga genetiska

samband mellan färg och slaktkroppsegenskaper. Det innebär att slaktkroppen inte påverkas om man avlar för pälssegenskaper. En annan studie visade att poäng för pälsfärg var positivt genetiskt korrelerad med andra viktiga pälssegenskaper, som lockpoäng, pälskvalitet och täthet, vilket innebär att ett gotlandsfår med bra färg kan antas ha goda pälssegenskaper i övrigt (Näsholm, 2005).

'Peppar och salt' kallas ett färgfenomen som blivit allt vanligare på gotlandsfår. Det är ett färgfel som innebär att de vita stråna i den grå pälsen samlas i grupper och ger ett kornigt utseende. Detta ger pälsskinnen ett mindre värde då en jämn färg efterfrågas. En undersökning på 6000 lamm mellan år 2001 och 2004 visade att förekomsten av 'peppar och salt' till viss del påverkas av ärftligt faktorer. Arvbarheten var låg, 0,01, men tillräckligt hög för att man med hjälp av avel borde kunna minska förekomsten, även om det ännu inte skett några större framsteg. Större avkommegrupper från baggarna skulle behövas för att kunna minska frekvensen av 'peppar och salt'. Samma studie visade också att förekomsten av 'peppar och salt' i beredda skinn ökade med ökad ålder och kullstorlek. (Näsholm, 2009).

### **Samband mellan färg och nedsatt livsduglighet**

Vit färg är sammankopplat med störningar på flera olika djurslag och eftersom vit färg är den färg på ullen som mest används så är det viktigt att känna till. Vita får har visat sig ha lägre fruktbarhet och får mindre kullar än färgade (Kurowska & Danell, 1982). En undersökning på islandsfår visade att vita tackor med  $A^{wt}$ -allelen är 15% mindre fruktsamma än de som saknar allelen (Adalsteinsson, 1975). Den dominanta allelen för vit färg är också skadlig i homozygot form. Det tros vara på grund av att de höga halterna av agoutiprotein stör fosterutvecklingen och då bidrar till högre risk för kastade foster (Sponenberg, 1997). Vita får har även mer säsongsstyrd reproduktion, vilken kan vara en nackdel för producenter (Dyrmundsson & Adalsteinsson, 1980). Detta kan man tydligt se i en undersökning på islandsfår av Dyrmundsson och Adalsteinsson (1980). Den visade att av 110 lamningar från september till april var 40 % av vita tackor och 60 % av färgade. Detta trots att 84 % av flocken bestod av vita tackor och bara 16 % av färgade.

I S-locus har det visat sig att får med mycket vit färg ofta drabbas av sk. megacolon, vilket är en genetisk tarmmissbildning som beror på att neuroner inte nått ut till tjocktarmen. Dessa djur uppnår sällan vuxen ålder (Sponenberg, 1997). Adalsteinsson (1978) har visat att detta problem kan minskas genom medveten avel.

Det finns även studier som visar att det finns korrelationer mellan vita fläckar och sjukdomen scrapie. Undersökningar har gjorts för att ta reda på om PrP-genotypen har samband med någon pälsfärg och man kunde konstatera att PrP-genotyp var starkt korrelerad med vita fläckar. Genotypen är associerad med prionprotein som ökar risken för scrapie. Tester på soayfår visade att den största skillnaden i färgteckning var mellan de får som var mest mottagliga för scrapie och de som var mest resistenta (Sawalha, 2008).

### **Diskussion och slutsats**

Varför är det viktigt att känna till fårens färgnedärvning? Fårens färg har en ekonomisk betydelse för ullproducenter. Litteraturen tyder på att  $A^{wt}$ -allel för vit färg är den viktigaste inom ullproduktion då det är den ullfärgen som det betalas bäst för. I svensk fårskinsproduktion är det istället viktigt med en jämn grå färg. Fenomenet 'peppar och salt' är ett färgfel på gotlandsfår, men trots låg arvbarhet torde det vara möjligt att avla för en

jämnare färg. Parsons et al. (1999) skriver om det faktum att färgade lamm fortfarande dyker upp i vita flockar att "Innan ett genetiskt bärartest är utvecklat och vida använt är det inte troligt att någon reduktion av genen kommer att ske på Merinoflockar i Australien". Detsamma gäller förmodligen vita flockar över hela världen.

Vilka faktorer har påverkat färgaveln på får? Vit färg har länge varit den vanligaste färgen hos ullproducenter men på senare år har naturligt färgad ull i bruna och grå nyanser blivit allt mer populär inom hantverkssektorn. Flera producenter har inriktat sig på färgade fårflockar. Som textil är ullen idag hotad, men den har fortfarande egenskaper som textilproducenter försöker att uppnå (Waller, 2007). En annan anledning till ökad produktion med färgade får kan vara de senaste årtiondens forskning som tydligt visat att vit färg är sammankopplat med flera störningar såsom försämrad fertilitet och överlevnadsförmåga. Att använda sig av färgade får skulle kunna öka intäkterna för ullproducenter eftersom de får fler lamm. Färgad ull har visserligen ett lägre pris (Kurowska & Danell, 1982), men den allt större efterfrågan på färgad ull gör att det skulle kunna finnas en framtida förtjänst i att använda färgade får för ullproduktion. Då  $A^{wt}$ -allelen är dominant och färgade djur helt saknar allelen så skulle vita djur inte vara svårt att selektera bort. Ett sätt att gradvis gå över till färgade djur är att använda sig av heterozygota vita som kan ge färgade avkommor, på det viset raserar man inte det avelsarbete man redan lagt ner (Kurowska & Danell, 1982). Att ett vitt får är heterozygot för vit färg vet man om den har gett färgade avkommor eller har en färgad förälder. Kanske kan man med kontrollerad avel selektera för vita djur med bättre hälsa och fruktsamhet (Adalsteinsson, 1975).

Många gånger är färgen är inte den färg den ser ut att vara. Detta kan ställa till problem med "felfärgade" lamm. Svarta får kan vara svarta av olika orsaker. De kan vara dominant svarta på grund av den dominanta allelen  $E^D$  i E-locus som maskerar effekten av alleler i A-locus så att endast produktion av eumelanin sker. De kan även vara recessivt svarta på grund av den recessiva allen  $A^a$  i A-locus som hindrar agoutiprotein från att produceras och störa eumelaninproduktionen. Dessa två loci är välstuderade och kandidatgener identifierade så i framtiden skulle det kunna finnas ett gentest för att ta reda på detta. Bruna får kan egentligen vara svarta eller vita genetiskt. Svarta får som bleks i solen kan man tro är bruna och vita får med en pälskvalitet som tar upp mycket feomelanin får en rödbrun färg, så kallad rådjursfärg. Gamla beskrivningar på ljusbruna får kan egentligen vara vita med mycket feomelanin. Olika färger får ofta samma namn eftersom det kan vara svårt att se vilken färg djuret har genetiskt och samma färg beskrivs olika av olika människor (Ryder, 1989).

Ökad kunskap om hur fårets färger nedärvs har många fördelar. Kan man med hjälp av kunskapen minska andelen felfärgade lamm som föds hos ull- och fårskinnsproducenter så kan man öka produktionen och minska ekonomiska förluster eftersom en mindre andel lamm då slås ut. Med hjälp av kunskapen om hur sjukdomar och färger är korrelerade kan man avla för sundare djur som ger både bättre djurvälstånd och mindre ekonomiska förluster. Med denna kunskap kan man även ta fram fler färger på moderna ullraser genom inkorsning av raser som ännu bär på ovanliga färgalleler. Naturfärgad ull blir mer populärt och bidrar till miljön då man slipper använda sig av kemisk färgning men ändå kan få ull i flera olika nyanser (Shaltz Farm, 2010). Det finns inte mycket kartläggning av de gener som styr fårens färger och det finns många frågetecken och osäkerheter i de undersökningar som finns. Framtida forskning får utröna vilka orsakade mutationer som finns i locin. Mer forskning kan även ge oss en större förståelse i hur färger är korrelerade med andra egenskaper.



## Referenser

- Adalsteinsson, S. 1970. Colour inheritance in Icelandic sheep and relation between colour, fertility and fertilization. *Journal of Agricultural Research in Iceland*. Vol 2.1.
- Adalsteinsson, S. 1975. Depressed fertility in Icelandic sheep caused by a single colour gene. *Annales de Génétique et Sélection Animal* 7, 445-447.
- Adalsteinsson, S. 1977. Albinism in Icelandic Sheep. *J. Hered.* 68: 347-349.
- Adalsteinsson, S. 1978. Breeding of piebald sheep with undercoat drops. *Radunautafundur* 6-10 February, 209-214.
- Adalsteinsson, S. 1983. Inheritance of Colours, Fur Characteristics and Skin Quality Traits in North European Sheep Breeds: A Review. *Livestock Production Science*, 10: 555-567.
- Aliiev, G.A., Rachkovsky, M.L. 1987. Genetic Studies of Pigmentation in Sheep. Academy of Science of the Tajik SSR, Dushanbe, USSR, 200pp.
- Bennett, A.R. 1989. Moorit Sheep Production – Field Trial Report. In: *Coloured Sheep and Wool – Exploring Their Beauty and Function*. (eds. Kent Erskine), 134-138. Black Sheep Press, Ashland, Oregon USA.
- Cockett, N. E., Shay, T. L., Smit, M. 2001. Analysis of the Sheep Genome. *Physiol Genomics* 7: 69-78.
- DAD-IS. April 2010. <http://dad.fao.org/>
- Deer Run Sheep Farm. April 2010. <http://www.deerrunsheepfarm.com/index.html>
- Dyrmondsson, O.R., Adalsteinsson, S. 1980. Coat-colour gene suppresses sexual activity in Icelandic sheep. *Journal of Heredity* 71: 363-364.
- Falconer, D.S. 1990. Changes of Gene Frequency. In: *Introduction to Quantitative Genetics*. 24-50. Longman Group UK Limited.
- Faostat. April 2010. Food and agriculture organization of the united nations. <http://faostat.fao.org/>
- Gothika, Wikimedia Commons. April 2010. [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mouflon\\_2.jpg&filetimestamp=20081123111636](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mouflon_2.jpg&filetimestamp=20081123111636)
- Gotlandsfåröföreningen. April 2010. <http://www.silverlock.se/>
- Gratten, J., Pilkington, J.G., Brown, E.A., Beraldi, D., Pemberton, J.M., Slate, J. 2010. The genetic basis of recessive self-colour pattern in a wild sheep population. *Heredity* 104: 206-214.
- Hernquist, B. 2003. Gutefårens pälsfärger och horn – genetisk mångfald hos gutefår. s.16-49. <http://www2.snf.se/lillakarlso/NGH%20gutefar%20farfarger.pdf>
- Jackson, I. J. 1994. Molecular and developmental genetics of mouse coat colour. *Annual Review of Genetics* 28: 189-217.
- Klungland, H., Våge D. I. 2003. Pigmentary Switches in Domestic Animal Species. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 994: 331-338.
- Kurowska, Z., Danell, Ö. 1982. Färgnedärvning och färggeners effekt på produktionsegenskaper hos får. 1-27. Sveriges Lantbruksuniversitet Uppsala. Rapport 55.
- Lundie, R.S. 1989. The Genetics of Coat Colour in New Zealand Sheep. The proceeding of The World Congress on Coloured Sheep, USA.
- Lauvergne, J.J. 1989. Loci for coat colour of sheep and goats. COGNOSAG (Committee on Genetic Nomenclature for Sheep and Goats).
- Loehr, J., Worley, K., Moe, J., Carey, J., Coltman, D.W. 2008. MC1R variants correlate with thinhorn sheep colour cline but not individual colour. *Can. J. Zool.* 86: 147-150.
- Maijala, K. 1997 Genetic Aspects of Domestication, Common Breeds and their Origin, 13-49. In: *The Genetics of Sheep* (eds. L. Piper & A. Ruvinsky), Wallingford: CAB International.

- Meldrun, J.V. 1991. Genetic study regarding the inheritance of colour in sheep. *Wool Technology and Sheep Breeding*, volume 39, issue 4: 168-169.
- Norris, B.J. Wham, V.A. 2008. A gene duplication affecting expression of the ovine ASIP gene is responsible for white and black sheep. *Genome Res.* 18(8): 1282-1293.
- Näsholm, A. 2005. Genetic study on pelt quality traits in the Gotland sheep breed. *Acta Agriculturae Scand Section A* 55: 57-65.
- Näsholm, A. 2008. Genetic relationships between pelt quality, maternal ability and lamb production in the Gotland sheep breed. *Livestock Science* 117: 93-100.
- Näsholm, A. 2009. Studie av "peppar och salt" i grå pälsskinn. *Fårskötsel* nr 6, 16-18.
- Parsons, Y.M., Fleet, M.R., Cooper, D.W. 1999. The Agouti gene: a positional candidate for recessive self-colour pigmentation in Australian Merino sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 1099-1103
- Renieri, C., Valbonesi, A., La Manna, V., Antonini, M., Lauvergne, J.J. 2008. Inheritance of coat colour in Merino Sheep. *Small Ruminant Research* 74: 23-29.
- Ryder, M.L. 1983. The Biology of Sheep and Their Domestication. In: *Sheep & Man*. 3-27. 43 Gloucester Crescent, London NW1.
- Ryder, M.L. 1989. Bucking the Trend with Coloured Wool. In: *Coloured Sheep and Wool – Exploring Their Beauty and Function*. (eds. Kent Erskine), 3-13. Black Sheep Press, Ashland, Oregon USA.
- Sawalha, R.M., Bell, L., Brotherstone, S., White, I., Wilson, A.J., Villanueva, B. 2008. Scrapie-resistant sheep show certain coat colour characteristics. *Genet. Res., Camb.* 91: 39-46.
- Schmutz, S. 2010. Genetics of Coat Colour in Cattle. <http://homepage.usask.ca/~schmutz/colours.html>
- Shaltz Farm. April 2010. <http://www.shaltzfarm.com/index.html>
- Simm, G. 2000a. Genes, genetic codes and genetic variation; Chromosomes and genes. In: *Genetic Improvement of Cattle and Sheep*. 8-10. Farming Press, Tonbridge, UK.
- Simm, G. 2000b. Genes, genetic codes and genetic variation; The structure and function of genes. In: *Genetic Improvement of Cattle and Sheep*. 11-19. Farming Press, Tonbridge, UK.
- Simm, G. 2000c. Genes, genetic codes and genetic variation; Genes, genotypes and phenotypes. In: *Genetic Improvement of Cattle and Sheep*. 19-28. Farming Press, Tonbridge, UK.
- Sjaastad, Ø.V., Hove, K., Sand, O. 2003. The Skin. In: *Physiology of Domestic Animals*. Scandinavian Veterinary Press. 582-596.
- Sponenberg, D.P. 1997. Genetics of Colour and Hair Texture, 51-86. In: *The Genetics of Sheep* (eds. L.Piper & A.Ruvinsky), Wallingford: CAB International.
- Waller, A. 2007. Ull och ullkvalitet. In: *Får* (eds. Sjödin et al.), 216-226. Natur och Kultur, Stockholm.
- Våge, D-I., Fleet, M.R., Ponz, R., Olsen, R.T., Monteagudo, L.V., Tejedor, M.T., Arruga, M.V., Gagliardi, R., Postiglioni, A., Nattrass, G.S., Klungland, H. 2003. Mapping and Characterization of the Dominant Black Colour Locus in Sheep. *Pigment cell res* 16: 693-697.